

II-130

浮遊砂粒子の運動経路に関する基礎的研究

九州大学工学部 正 員 平野宗夫

九州大学工学部 正 員 大本照憲

九州大学大学院 学生員○石丸英伸

1. はじめに

浮流機構を解明するには、浮遊粒子がいかなる流体力を受けているのかを運動経路から調べることは有意義である。本報告は、粗面上の開水路流れにポリスチレン粒子を投入し、粒子の運動経路を撮影することにより粒子の運動特性を求め粒子に働く流体力について検討を加えたものである。

2. 実験装置および実験方法

実験に用いた水路は、長さ10m、幅30cmの亚克力樹脂製可変勾配水路である。粗度として中央粒径が2.9mmのポリスチレン粒子を水路床に均一に敷きつめた。トレーサーとして用いるポリスチレン粒子は、均一の沈降速度を有する必要がある。そのため、長さ1m、内径5cmの亚克力樹脂製の円筒内に粒子の平均沈降速度に等しい上昇流を与え、運動が平衡状態にある粒子のみを抽出した。採用した粒子は比重1.05、中央粒径1.0mm、平均沈降速度1.62cm/secである。開水路流れにおいて浮遊する粒子の速度および加速度を求めるため、等間隔に穴を開けた回転板を等速に高速回転させ、プロジェクターからの光が粒子に間欠的に照射するように工夫されている。実験は、表-1に示す水理条件のもとで行われた。

3. 実験結果およびその考察

図-1に、Run-2における粒子の上昇経路および下降経路の一例を示す。粒子の上昇経路は、以下に示す経路が多く見られた。(1)河床付近で主流にほぼ平行な運動を続けた後急激に上昇を開始する。(2)河床付近から一旦上昇した後主流にほぼ平行な運動を続け再浮上する。(3)河床付近から階段状に上昇を繰り返す。下降過程に入った粒子の多くは主流方向にほぼ平行な軌跡を描いている。河床付近では、粒子には水中重力にバランスする揚力が定常的に作用している事が示唆される。また粒子経路を調べた結果下降運動する

表-1

Run-No	断面 平均 流速	流量	水深	河床 勾配	エネルギー 勾配	摩擦 速度
	(cm/s)	(l/s)	(cm)	i_b	$i_e \times 10^{-3}$	U_* (cm/s)
1	30.60	3.58	3.90	1/350	3.41	3.61
2	40.56	5.80	4.75	1/350	3.05	3.77
3	46.41	7.95	5.70	1/350	3.04	4.12

粒子は、河床まで沈降せずに再浮上に転じるものがしばしば観察された。このことから粒子は、河床近傍において間欠的に発生する大規模な組織渦に捕捉されて浮上を開始するものと推測される。組織渦の空間的なスケールを求める目的で、粒子の飛高Zを調べたところZの平均値は0.3H~0.4HでありZ_{MAX}は、0.8H~0.9Hとなった。組織渦の空間的なスケールは水深の規模にまで達するものと推測される。図-2は、粒子の運動特性を詳細に見るために粒子の鉛直方向の速度および加速度の経時変化を運動経路上に併示したものである。図中の白丸から白丸までの時間間隔は0.13secである。組織渦に捕捉された粒子は、比較的短時間の間に大きな流体力を受けて浮上を開始し、組織渦の発達にともなわずかに加速されるようである。組織渦に捕捉された粒子は、組織渦から逸脱するまではかなり継続的に上昇運動を行うことが観察された。そこで、粒子が継続して上向き速度を持つ経路を抽出し、その上昇継続時間の平均値を水深H、断面平均流速Uで無次元化した値は0.03であった。粒子が組織渦に

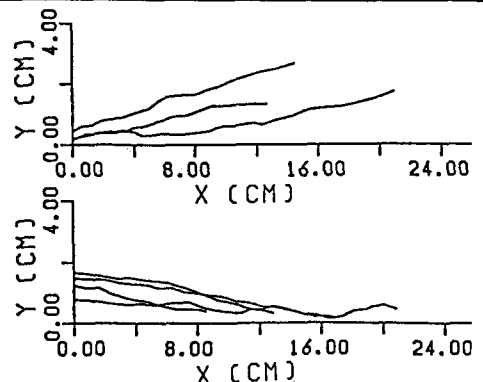


図-1 浮遊粒子の上昇運動及び下降運動

捕捉され、組織渦から逸脱あるいは、組織渦が消滅した後に次の組織渦に捕捉される迄の時間間隔を、粒子が浮上を開始し再浮上する迄の時間であると見なしてその平均時間を求めたところ0.35~0.40secとなり芦田、藤田が得た値とほぼ同じであった。また平均時間を水深と断面平均流速で無次元化した値は、0.04~0.05であった。図-3および図-4は、水深を10等分して各層を通過する際の粒子の平均鉛直速度と平均鉛直加速度を各層の中央にプロットしたものである。粒子の速度は摩擦速度 u_* 、加速度は水中重力加速度 $\frac{\rho_p - \rho}{\rho_p} g$ で無次元化されている。粒子の鉛直上昇速度に関してはB.M.Sumerらが得た実験値と較べてオーダー的にはほぼ同じ値であった。粒子の鉛直上昇速度は、かなりばらついた分布を示している。鉛直上昇加速度は、相対水深が小さい河床付近において比較的大きく、相対水深が大きくなるに従い小さくなる傾向にある。鉛直下降速度は、相対水深が大きくなるに従って大きくなり鉛直下降加速度も同様な傾向にある。これらのことから、河床付近において上向きの強い流体力が作用していることが推測される。

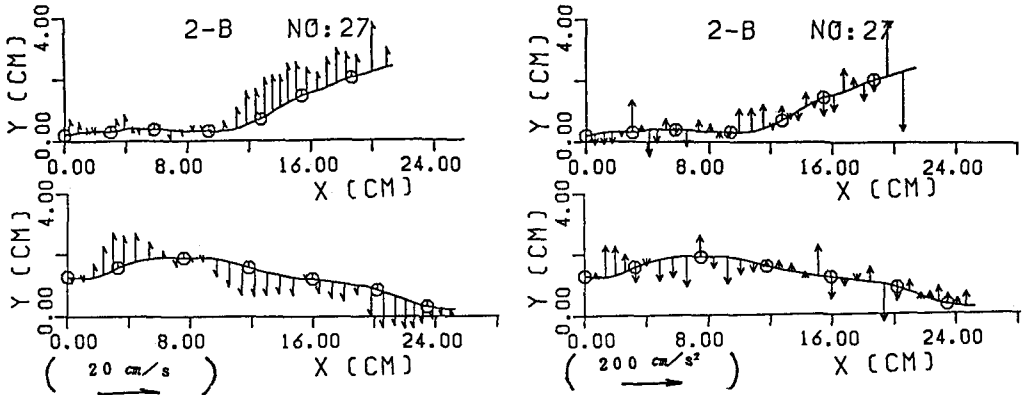


図-2 経路上における粒子の速度及び加速度

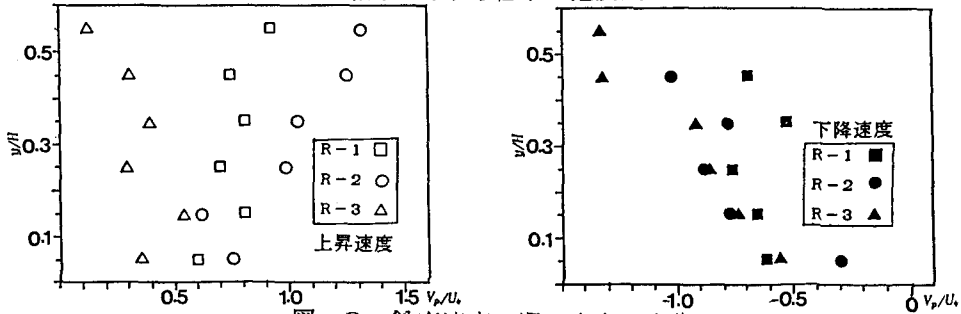
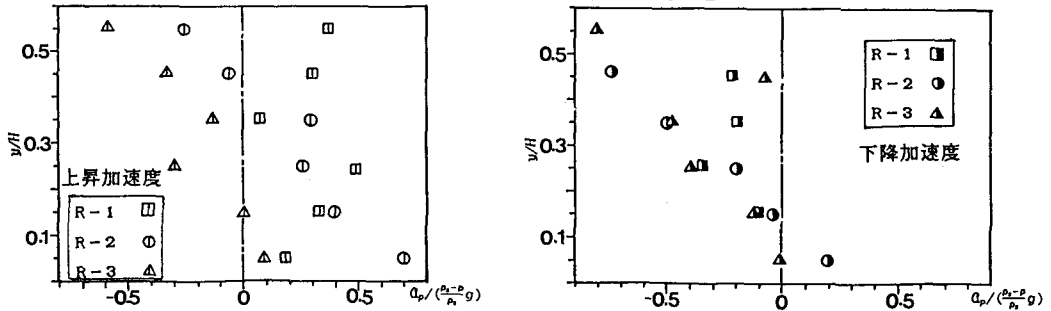


図-3 鉛直速度の深さ方向の変化



<参考文献> 1) B.M.Sumer and B.oguz: J.Fluid Mech.(1978), vol.86,part1, PP.109~127

2) 芦田和夫, 藤田正治: 京大防災研究所年報 第26号B-2(昭 58.4)

3) 大本照憲, 平野宗夫, 石丸英伸: 第31回水理講演会論文集(1987)pp.593~598